

VERIFICATION OF TRANSLATION

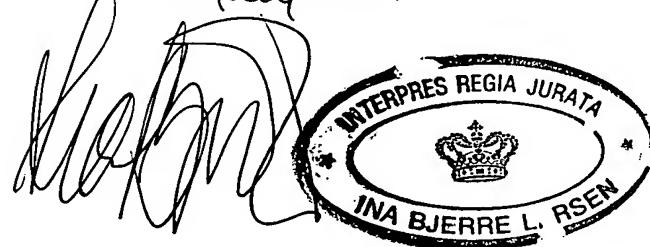
I, Ina Bjerre Larsen, a Danish subject, hereby solemnly and sincerely declare

THAT I am conversant with the Danish and English languages and appointed by the Danish Commerce and Companies Agency, and

THAT to the best of my knowledge and belief the following is a true and accurate translation revised by me of the appended document, viz Danish patent application No. PA 2002 01252 as originally filed.

Hellerup, 13 April 2005

17 July 2007



Ina Bjerre Larsen
Official Translator and Interpreter

2

(Coat of Arms)
The Kingdom of Denmark

5

Patent application No.: PA 2002 01252
Filing date: 26 August 2002
Applicant: Dalsgaard Nielsen APS
(Name and address) Holmevej 35
10 DK-9640 Farsø

Title: A method of determining the risk of ice deposition due to precipitation
and an apparatus for exercising the method

15 IPC: G 01 W 1/14; B 64 D 15/20

It is hereby certified that the attached documents are true copies of the
above-mentioned patent application as filed

20

(Sealed)

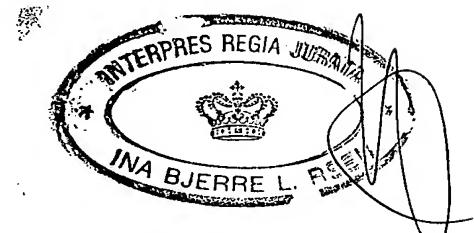
25

The Danish Commerce and Companies Agency
The Danish Patent and Trademark Office

08 September 2003

30

(signed)
Pia Høybye-Olsen

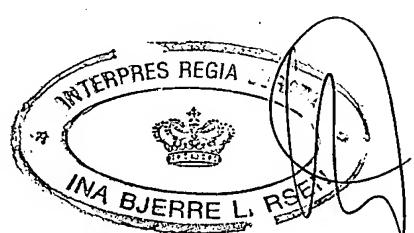


A method of determining the risk of ice deposition due to precipitation and an apparatus for exercising the method

The invention relates to a method of determining the risk of ice deposition
5 due to precipitation. The invention is particularly, but not exclusively intended
for use in connection with determination of the risk of icing in connection with
air traffic.

Such risk may have several consequences. A first consequence is to
10 determine whether there is a risk of ice formation at all. In the affirmative, the
air traffic uses anti-icing liquids of various types and concentrations, and now
said risk may also be an expression of for how long the anti-icing liquid will
stay effective in the existing weather conditions. This is referred to as
'holdover time'; in the following designated 'HOT'.

15 The uncertainty and hence the risk within air traffic is the highest in
connection with the estimation of HOT. The international airline organisations
publish tables that indicate a time interval for holdover time for some anti-
icing liquids and for quite a small number of these the concentrations thereof.
20 These tables, the only tool available at present, are associated with two
major factors of uncertainty. Firstly the time intervals listed in the tables are
given with large margins, eg a minimum of 30 and a maximum of 60 minutes,
and secondly the tables can be used only if it is possible to correctly estimate
the precipitation, the tables being divided in accordance with types of
25 precipitation, such as eg snow or super-cooled water. The final responsibility
for the estimation lies with the pilot, ie that from within the cockpit, frequently
in weather conditions such as following winds and through a heavily heated
slanted window, he is to estimate the type of precipitation and then take a
stand on the minimum and maximum time intervals given in the table.



The very varying types of precipitation that typically occur within the temperature range of from 5°C and 8°C above freezing point are the cause of the longest delays in the airports and often the planes must wait long to obtain permission to take off, while the anti-icing liquid is consumed more

5 quickly or slowly in response to the precipitation conditions.

To date, 141 aircraft accidents have been ascribed to icing with an ensuing death toll of 1200.

10 It is the object of the invention to provide a method that enables determination of the risk of ice deposition due to precipitation, wherein the determination is based on actual measurements rather than the subjective estimations resorted to so far in the prior art.

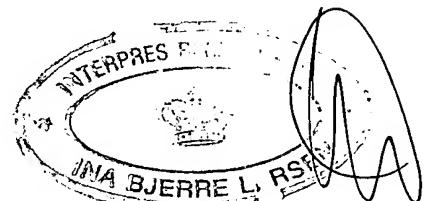
15 This object is accomplished by the method exercised in accordance with the characterising part of claim 1. As it is, a determination of the amount of liquid particles cannot be taken to express how much ice will be formed, since – by the known methods of determining the ratio of liquid to solid particles – it is not possible to distinguish between super-cooled water and ordinary water.

20 Moreover, it also applies that the amount of ice deposited on the wing and in particular how much anti-icing the precipitation requires depend on the ratio of frozen particles in the precipitation to liquid particles. This is due to minor differences in temperature and surface nature between a given airplane wing and the measurement apparatus; for which compensation can

25 be made by having at one's disposal knowledge of the composition of the precipitation.

By combining the measurements in accordance with the characterising part of claim 1, a complete and objective measurement is accomplished of the

30 conditions that are significant to the estimation of the risk of ice formation if anti-icing liquid is not used and if anti-icing liquid is used.



The two measurements that are combined according to the invention can each be obtained by techniques known per se. For instance, the ratio of liquid particles to frozen particles can be determined by means of the 5 technique taught in US patent No. 5 434 778.

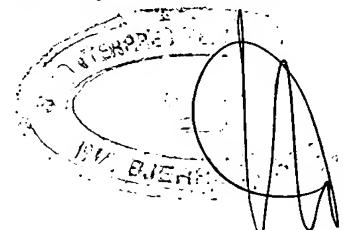
In accordance with a preferred embodiment the actual content of ice in the precipitation is determined by means of a measurement of the actual ice formation, eg by means of the technique taught in WO 00/54078, see claim 10 6.

In accordance with one embodiment the temperature of the surface element is adjusted to be essentially the temperature of atmospheric air, but alternatively the temperature of the surface element can be controlled to 15 have another predetermined temperature. In this context, parameters such as the temperature of the fuel in the wing or that of the sprayed-on anti-icing liquid may be of relevance.

By the apparatus taught in WO 00/54078, a number of surface elements are 20 rotated at a rate that is to ensure, on the one hand, that the ice is deposited and, on the other, that the majority of water drops are flung off. By exercising the method as recited in claim 10, it is ensured that the slow rotation does not reduce the actual ice formation, and the high rate of rotation ensures that no water remains on the rotor before the amount of ice deposited is weighed. 25 The amount of ice can also be determined in other ways than by weighing.

Moreover, it is expedient to perform further measurements, eg of the kind featured in claims 11 through 13.

30 It will now be understood that by the invention it is enabled to obtain a far more reliable measurement of the risk of ice formation, and by combining



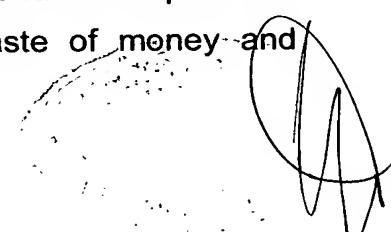
this, in accordance with claim 11, with one's knowledge of the type and concentration of anti-icing liquid it is possible, in accordance with claim 12, to achieve a reliable holdover time HOT. This is, as mentioned earlier on, the time during which the anti-icing liquid is able to keep the airplane wings free 5 from ice in case of a given amount of anti-icing liquid and in given weather conditions.

It will be understood that, in accordance with the invention, it is now possible to indicate a number of minutes for holdover time, optionally a time interval 10 with a very small uncertainty margin.

However, it often applies – in particular within the field of air traffic – that a rather conservative approach is employed which will undoubtedly involve that some time will elapse before the pilots get used to having access to a well-defined holdover time. Undoubtedly, the well known tables will be consulted 15 for some time yet, of which one of the elements of uncertainty was to determine the type of precipitation. By exercising the invention as taught in claim 13, the objective determination that results from the invention can be used to give a reliable indication of the actual composition of the 20 precipitation, see the above comments in the context of claim 1.

Then the pilots can feel safe in, first of all, verifying that the holdover time according to the invention is within the maximum intervals given in the tables and, subsequently, in complete confidence use the holdover time according 25 to the invention as a reliable, well-defined limit. In accordance with one embodiment the overall equivalent amount of liquid precipitation is also determined, see claim 3, this figure also being used in case of some of the above-referenced known tables.

30 Safety being, of course, the top priority, there remains the further aspect that the anti-icing liquid is expensive and that it is a waste of money and



associated with unnecessary pollution to apply more anti-icing liquid than needed to obtain safe flying. By exercising the invention as recited in claim 14 it is possible to determine the concentration of the anti-icing liquid to be applied as a function of the desired holdover time.

5

Apart from the above advantages, the invention provides options that present completely new perspectives. By combining measurement equipment for determining the composition of precipitation with measurement equipment for measuring the amount of ice actually deposited, it is now an option to make a self-learning expert system as recited in claim 18. According to the invention a holdover time is accomplished that is far more reliable than the one used so far, based on measurements, though, of actual conditions that applied five or ten minutes ago at most. The known tables are based on empirical conditions that can be registered in a calculation model with some parameters being automatically adjustable by comparison of the deposited amount of ice calculated by the calculation model to the amount of ice actually measured. Thereby the risk of ice can be duly predicted. By connecting computers in various airports to each other, and by inputting meteorological data the model can be expanded to provide, based on meteorological data, an estimate of the risk of ice at other airports, and this estimate can be compared to the currently measured ice accumulation at these airports, following which a calculation model can be dynamically optimised.

10

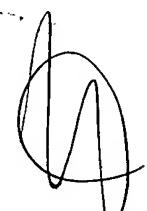
15

20

25

The invention also relates to an apparatus for exercising the method according to claim 1. The apparatus is characterised by the configuration recited in claim 20. Thereby a considerably more reliable determination of the precipitation type is achieved, meaning that the known tables can be used much more reliably.

30



Preferably the apparatus also contains a data storage facility with empirical information on holdover time so as to provide a considerably more reliable determination of the actual holdover time, see claim 21.

5 The apparatus may also feature a computer with a mathematical model for estimating eg holdover time, wherein the model comprises a number of adjustable parameters. By comparing the estimated results to the ones actually measured, as recited in claim 22, the parameters can be adjusted, whereby a self-learning expert model can be accomplished.

10

The invention also relates to an arrangement as taught in claim 23.

The invention will now be explained in further detail by the description that follows, reference being made to the drawing, wherein

15

Figure 1 shows a known table used in particular in Canada;

Figure 2 shows a further known table as used in Europe;

20 Figure 3 illustrates how HOT is estimated by the prior art;

Figure 4 schematically shows the principle of the invention;

25 Figure 5 shows an example of the functioning of the calculation unit shown in Figure 4;

Figure 6 shows an embodiment of the invention combined with an expert system;

30 Figure 7 shows the way in which the embodiment shown in Figure 6 works; while

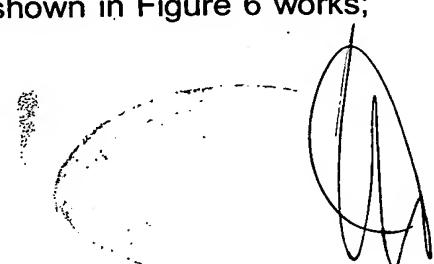


Figure 8 shows how the invention can be combined with meteorological information for predicting the risk of ice, distributed over large distances and periods of time.

5

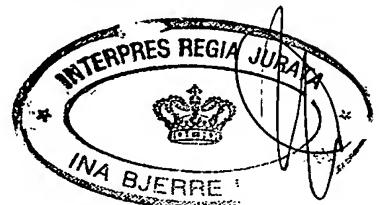
Figure 1 shows a table, Transport Canada, June 2002, used for estimating HOT. The table is used "rearwards", ie the pilot estimates visibility in statute miles (the numbers given in the twelve cells). When the visibility in snow is to be estimated it is of significance whether it is light or dark and moreover 10 temperature plays a part as well. Then another table is used (not shown) that indicates intervals for the equivalent amount of water in the precipitation as a function of 'heavy/moderate/light'. Then another table is resorted to (not shown) that shows intervals for the equivalent amount of water in the precipitation, and once that is found it is possible to resort to a further 15 table (not shown) for obtaining a time interval for HOT.

The method taught in the context of Figure 1 is thus based on an estimate, i.e. of the visibility and how light or dark it is.

20 On 29 July 2002 the National Center of Atmospheric Research published an article that explains the scientific reasons why visibility is unsuitable for use as decisive parameter as taught in connection with Figure 1. It follows that this estimate is fairly uncertain.

25 Figure 2 shows another known table indicating HOT time intervals if one is able to categorize the type of precipitation as one of the six types of precipitation shown in Figure 2. The table can be used for various temperature intervals and for three different mixing ratios for anti-icing liquid.

30 Figure 3 illustrates the method when the table shown in Figure 2 is used. Figure 3 is made to be, in principle, self-explanatory and hence only few



comments will be made to Figure 3. Particular attention is drawn to the fact that in Figure 3 three estimates are made. In connection with information on the current weather being distributed every half hour (METAR), it is necessary, in case of sleet, to estimate whether it is light or heavy sleet.

5 Then this first estimate is converted to an equivalent type of precipitation, being in the example light freezing rain. Use of the table as it is gives a holdover interval of 15-30 minutes (corresponding to Figure 2, top line under the column headed 'light freezing rain'). The upper limit of the time interval is thus given to be twice the lower limit, which is not reassuring. Besides the

10 pilot has to perform the estimate that HOT is to be reduced if the velocity of air or humidity of air is deemed to be high and, finally, the pilot has to estimate how the precipitation may change, if at all.

In practice this means that a pilot who drives for take off, typically in following

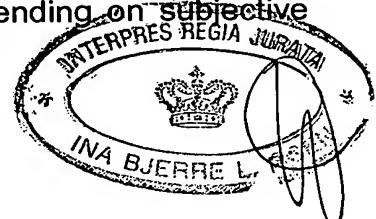
15 wind conditions and with heavily slanted and heated window panes, is to be able to determine what the precipitation consists of (water, snow, sleet, supercooled water, etc). In these conditions the pilot must later queue up for permission to take off and as time goes by perform an estimate whether the

20 anti-icing liquid is still effective, having at his disposal only the very large margins of uncertainty shown in Figure 2; in adverse conditions the HOT may be as small as seven minutes. Therefore accidents will occur when the table may indicate HOT to be as much as 30 minutes.

The known measurement equipment for measuring the composition of the

25 precipitation is able to measure drop size and estimate the distribution between snow and water, temperatures, dew point, etc., but is unable to distinguish whether a water drop is super-cooled or not, which is crucial in the estimation of the risk of ice formation.

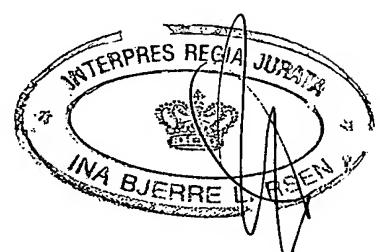
30 The invention considerably reduces the described uncertainty, the invention being based on actual measurements rather than depending on subjective



estimations. This will not be explained until the explanation of Figure 3 is given.

Figure 3 is a schematic view of the invention and shows an apparatus 1 known per se for measurement of the density of liquid and frozen particles contained in the precipitation and an apparatus 2 for measurement of the actual amount of ice deposited by the precipitation. According to the invention, these measurement results are combined in a calculator unit that is able to produce various output signals such as holdover time, HOT, 10 composition of the precipitation and concentration of anti-icing liquid. The calculator unit receives other parameter values, too, such as empirical values for HOT in response to the composition of precipitation, types of concentration of anti-icing liquid, etc.

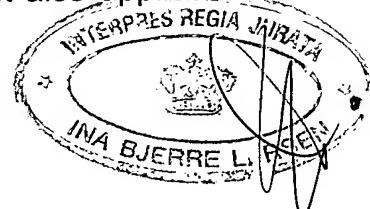
15 As described above, the apparatus for measuring the actual amount of ice in the precipitation could be determined eg by means of the apparatus known from WO 00/540078 that is able to provide an exact result of how much is accumulated on a standard surface element erected on the airport premises. Thereby it can be determined how much of the liquid precipitation is super- 20 cooled, but it cannot be deduced there from how quickly the anti-icing liquid will be consumed since the consumption depends on the type of precipitation, see the table shown in Figure 2. Taking one's starting point in the empirical tables of holdover time that are based on type of precipitation and combining that with an apparatus for measuring the actual ice formation, 25 it is now possible to determine the type of precipitation with great reliability and therefore the large margins of uncertainty of the known tables can be narrowed and in many cases replaced by a certain number of minutes for HOT when the type of concentration of the anti-icing liquid is also entered as a parameter in the calculator unit shown in Figure 3.



It is known that a certain degree of conservatism prevails within the aviation industry and it is therefore to be expected that a large number of pilots would prefer to compare the objective and accurate holdover time according to the invention to the teachings of the 'old' tables. As mentioned and as taught by 5 the invention an exact definition of the type of precipitation is also accomplished and this can also be read out to the pilot who is thereby able able to refer to the 'old' tables.

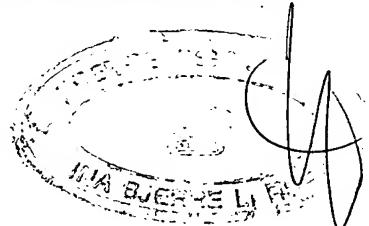
The very high degree of uncertainty that has so far been associated with the 10 prevention of accidents due to ice deposition has, of course, entailed an excess consumption of anti-icing liquid which is both very expensive and also a pollutant. By means of the accurate results accomplished by the invention it is also possible to calculate 'backwards', ie if as a starting parameter it is informed to the calculator unit that one needs a holdover time of eg 35 15 minutes, the calculator unit is able to produce an output signal that defines the type and concentration of anti-icing liquid. Figure 5 will show a fairly detailed example of the calculation of the requisite type of anti-icing mixture, while simultaneously Figure 5 illustrates how the results from apparatus 1 and apparatus 2 are combined.

20 Figure 5 explains which measurements are typically obtained by apparatus 1 shown in Figure 4. These measurements alone are associated with the drawback that it is not possible to distinguish between rain and super-cooled rain, but by combining the measurements from apparatus 1 with 25 measurements from an apparatus 2 in accordance with the invention, it is possible to determine the actual amount of ice accumulated, whereby a far more reliable estimate of HOT is accomplished compared to what was possible with the prior art. It should be noted that the designations 'apparatus 1' and 'apparatus 2' need not necessarily be two physically different 30 apparatuses; rather they express the measurement principles applied and explained in cells 11 and 12, respectively, in Figure 5. It also applies that in



case of physical movement apparatus 2 is unable to distinguish between very fine snow with small adhesive capability and wet snow with correspondingly large adhesive capabilities; this difference, however, can easily be determined by apparatus 1 on the basis of the difference in reflectivity. The 5 two measurement principles 1 and 2 therefore complement each other in a particularly advantageous manner for achieving a reliable determination of the type of precipitation, see cell 13. According to a preferred embodiment, the measurements in apparatus 2 are performed at different rates of rotation for the measurement element in order to further enhance measurement 10 reliability. As it is, an immediate combination of the measurements made by apparatuses 1 and 2 in case of a typical movement of the measurement element does not enable distinction between sleet (water/snow) and other water and ice-particle mixtures (eg water/hail). This distinction can be obtained by performing measurements in apparatus 2 at a number of 15 different rates of rotation, whereby the different whirl-off characteristics of various ice particles and water can be taken into account. The latter measurements are illustrated in cell 14, such that in cell 15 an even more reliable determination is obtained of the nature of the precipitation. This was what was the major problem of the prior art when eg the table shown in 20 Figure 2 was to be used. When the reliable determination of type of precipitation is combined with the experienced numbers shown in cells 16 and 17 it is possible to obtain a very reliable determination of HOT in cell 18. This very reliable determination makes it possible in practice, too, to "calculate rearwards", ie when the very accurate HOT is known in cell 18, it is 25 possible by combination with the desired durability (cell 19) to infer that if it is desired to have a durability of 12 minutes an anti-icing liquid should be in a mixture ratio of 88% of anti-icing liquid and 12% of water, see cell 20.

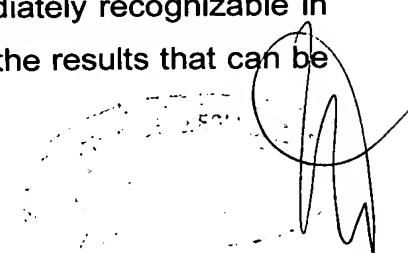
30 It is noted that the values given in connection with the figures serve as examples only, as a complete set of values is very comprehensive and in



practice something that is defined in cooperation with the air traffic authorities.

Figure 6 shows some further advantages of the invention. The calculator unit mentioned in Figure 3 is now a constituent of a larger computer that comprises a mathematical model for estimating an expected result. The expected result was compared in the computer to subsequent actual measurements of the actual amount of ice formed and in case of a deviation an adjustment is automatically performed of the parameters of the mathematical model that will, in this manner, become a self-learning expert model. The prerequisite for this to be accomplished is precisely the combination according to the invention: viz that a number of reliable measurement results are provided that are entered into the model and that exact knowledge is provided about the 'correct' result used for performing automatic adjustments of the mathematical model. It will be understood that the apparatus for measurement of the actual amount of ice can be elaborated on in a variety of ways. For instance it is possible to perform particular procedures on various sequences of rotation and temperature in the apparatus and subsequent measurement of accumulated amount of ice, ice structure, measurement of air resistance, density of the ice, and it is also an option to spray the surface element with anti-icing liquid. In practice, not all of such measurements can be performed immediately before each and every plane is due for application of anti-icing liquid, when the traffic is dense, but these measurements can, when traffic is less dense, contribute to optimisation of the mathematical model, thereby considerably increasing the reliability of the rather short-termed measurements that are performed immediately before anti-icing liquid is applied to a plane.

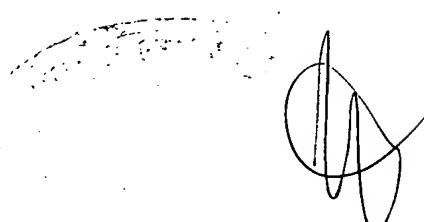
Figure 7 illustrates how the invention can be used in combination with an expert system. The functions in cells 21-24 are immediately recognizable in view of the above explanations. Thus cell 25 contains the results that can be



achieved by means of the combination unit shown in Figure 4 as was explained in the context of Figure 5. Cell 26 contains information on the one hand on the most recently calculated result and previously calculated results and when this is compared to the absolutely most recent result the 5 parameters of an expert model can be optimized such that both yet more well-defined results are obtained in cell 27 and the option is provided of projecting a result eg 20 minutes ahead in time, see cell 28.

In principle, Figure 8 shows how a global network of information relating to 10 the risk of icing can be built. According to the invention the calculations can be supplemented with meteorological information. Figure 8 schematically shows fronts of depressions on their way across the North Sea and the computer in one of London's airports 31 now contains exact knowledge of the risk of icing and how it was distributed during passage of the fronts. This 15 information and the meteorological information can be used first in Billund 32 and then in Copenhagen 33 where the adjustments that subsequently appear at the passage of the front can be used at the airport in Stockholm 34 when the fronts pass.

20 The described considerable improvements in air-traffic safety could not have been obtained by means of a known expert system in combination with the empirical and very uncertain determinations of the risk of icing known so far. The high degree of accuracy achieved by the invention enables use of advanced calculation models to impart reliable values at the individual 25 airports and such that the reliability can be further enhanced by means of measurements performed in other airports.

A handwritten signature in black ink, appearing to be a stylized 'J' or 'S' shape, is located in the bottom right corner of the page.

Claims

1. A method of determining the risk of ice deposition due to precipitation, **characterised in** performing
 - 5 - a measurement for determining the ratio of liquid particles to frozen particles contained in the precipitation; and
 - a measurement for determining the current content of ice in the precipitation; andthat the results from said measurements are combined for determining the
 - 10 risk of ice deposition.
2. A method according to claim 1, **characterised in** that the measurement for determining the ratio of liquid to frozen particles is determined by an optical measurement known per se and subsequent calculation.
 - 15 3. A method according to claim 2, **characterised in** that a calculation is performed for determining the total equivalent liquid amount of precipitation.
 4. A method according to claim 1, **characterised in** that the measurement for
 - 20 determining the actual amount of ice contained in the precipitation is performed as a calculation on the basis of dew point measurement.
 5. A method according to claim 2, **characterised in** that the measurement for determining the actual amount of ice contained in the precipitation is
 - 25 performed as a measurement of actual ice formation.
 6. A method according to claim 5, **characterised in** that the measurement comprises provision of a surface element that has a predetermined surface area and is, during a predetermined period of time, caused to move relative to the atmospheric air, following which the amount of ice accumulated on the surface element during said period of time is measured.
 - 30

A photograph of two handwritten signatures. The signature on the left is a stylized, cursive 'J. H. H.' The signature on the right is a more fluid, cursive 'J. H. H.' with a small circle to the left of the main text.

7. A method according to claim 5, **characterised in** that the temperature of the surface element is caused to correspond essentially to the temperature of the atmosphere.

5

8. A method according to claim 5, **characterised in** that the temperature of the surface is caused to have another predetermined temperature during said period of time.

10 9. A method according to any one of claims 6-8, **characterised in** that, following measurement of the accumulated amount of ice, a relative movement is briefly provided between the surface element and the atmosphere at a rate that considerably exceeds the rate prior to said measurement, following which a further measurement of deposited ice is 15 performed.

10. A method according to any one of claims 6-9, **characterised in** that the relative rate between the surface element and the atmosphere is controlled by controlling the rate of rotation of one or more rotatable surface elements.

20

11. A method according to claim 10, **characterised in** that the adhesive capacity of the ice is measured by measurement of the accumulated amount of ice following a number of rotations at mutually different rates.

25 12. A method according to claim 10, **characterised in** that the air resistance between the atmosphere and the ice accumulated on the surface element is measured.

30 13. A method according to any one of claims 6-12, **characterised in** that anti-icing liquid is applied in a predetermined concentration and amount on the surface element before the measurements are performed.

A handwritten signature in black ink, appearing to be in cursive script, is located in the bottom right corner of the page. It is somewhat stylized and includes a large, open loop on the right side.

14. A method according to any one of claims 1-13, and wherein a surface is applied with a predetermined type and concentration of anti-icing liquid, **characterised in that the risk of ice deposition on the surface is calculated**

5 on the basis of

- knowledge of the type and concentration of the anti-icing liquid;
- knowledge of the result of the measurement for determining the ratio of liquid to solid particles contained in the precipitation; and
- knowledge of the result of the measurement for determining the

10 current amount of ice contained in the precipitation.

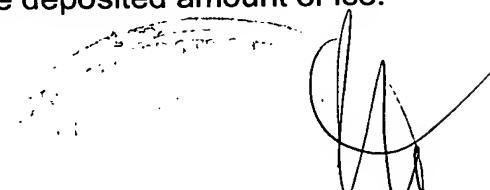
15. A method according to claim 14, **characterised in that the risk is calculated and shown as a holdover time.**

15 16. A method according to claim 14 and wherein manual tables are used to estimate holdover time, wherein the tables are grouped according to different types of precipitation, **characterised in that the knowledge of the current amount of ice contained in the precipitation and the ratio of the precipitation of solid to liquid particles is used for defining the type of precipitation.**

20 17. A method according to claim 15, **characterised in that the concentration and anti-icing liquid is determined as a function of holdover time and the measured risk of ice deposition.**

25 18. A method according to any one of claims 1-17, **characterised in that an expert system is used for the calculations which is configured for being run on a computer and configured for being able to estimate the risk of ice deposition on the basis of measurements, and configured for receiving information about the actual amount of ice accumulated, and, on the basis of**

30 **the difference between the calculated and actual amount of ice, adjusting parameters in a calculation model for calculating the deposited amount of ice.**



19. A method according to claim 18, **characterised in** that the computer is caused to be in communicative connection with other computers that are located in different geographical locations; and that the expert system is 5 configured for calculating in advance future changes with regard to the risk of ice deposition in response to meteorological parameters entered therein.

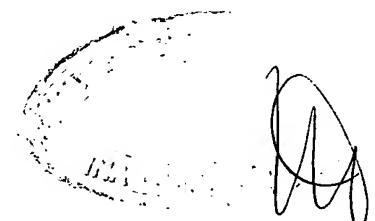
20. An apparatus for exercising the method according to claim 1, **characterised in** that the apparatus comprises a combination of 10

- optical means for measuring the reflectivity of precipitation; and
- mechanical means for moving a measuring surface element in relation to the air and for measuring the amount of ice accumulated on the surface element during a given period of time; and
- electronic means for combining said measurements.

15 21. An apparatus for the calculation of holdover time for anti-icing liquid, **characterised in** that it comprises a data storage for storing information about empirical values for holdover time as a function of type of precipitation and the concentration of the anti-icing liquid.

20 22. An apparatus according to claim 20 or 21, **characterised in** that it comprises a mathematical model for estimating the ice deposition due to precipitation; and that the electronic means are configured for comparing the estimated values to the actually measured values for the amount of ice and 25 for adjusting parameters in the model for optimisation thereof.

30 23. An arrangement for predicting the risk of ice deposition due to precipitation, **characterised in** that it comprises a number of apparatuses of the kind described in claims 20-22 that are arranged in different geographical locations and are configured for receiving meteorological information about the movement of air substances.

A handwritten signature in black ink, appearing to be in cursive script, is located in the bottom right corner of the page. The signature is somewhat faded and appears to read "J. A. [unclear]".

Stamped:
Received
26 AUG 2002
JKPTO

| Lighting | Temperature Range | | Visibility in Snow (Statute Miles) | | |
|----------|-------------------|--------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| | °C | °F | Heavy ² | Moderate ² | Light ² |
| Darkness | -1 and above | 30 and above | <2 | 2 - 4 | >4 |
| | Below -1 | Below 30 | <1 | 1 - 2 1/2 | >2 1/2 |
| Daylight | -1 and above | 30 and above | <1 | 1 - 2 | >2 |
| | Below -1 | Below 30 | <1/2 | 1/2 - 1 1/4 | >1 1/4 |

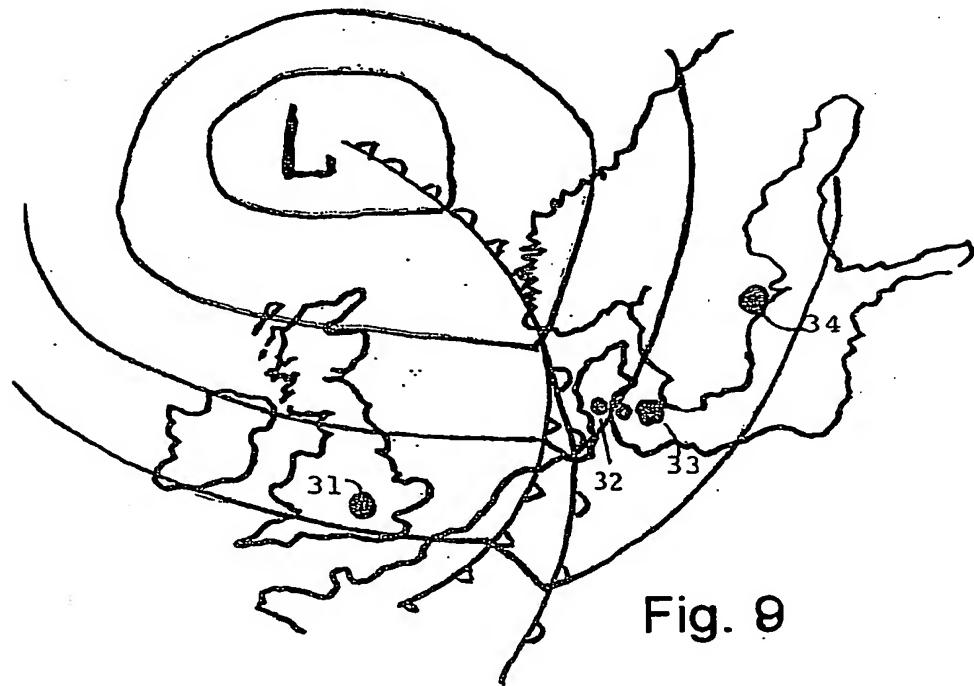
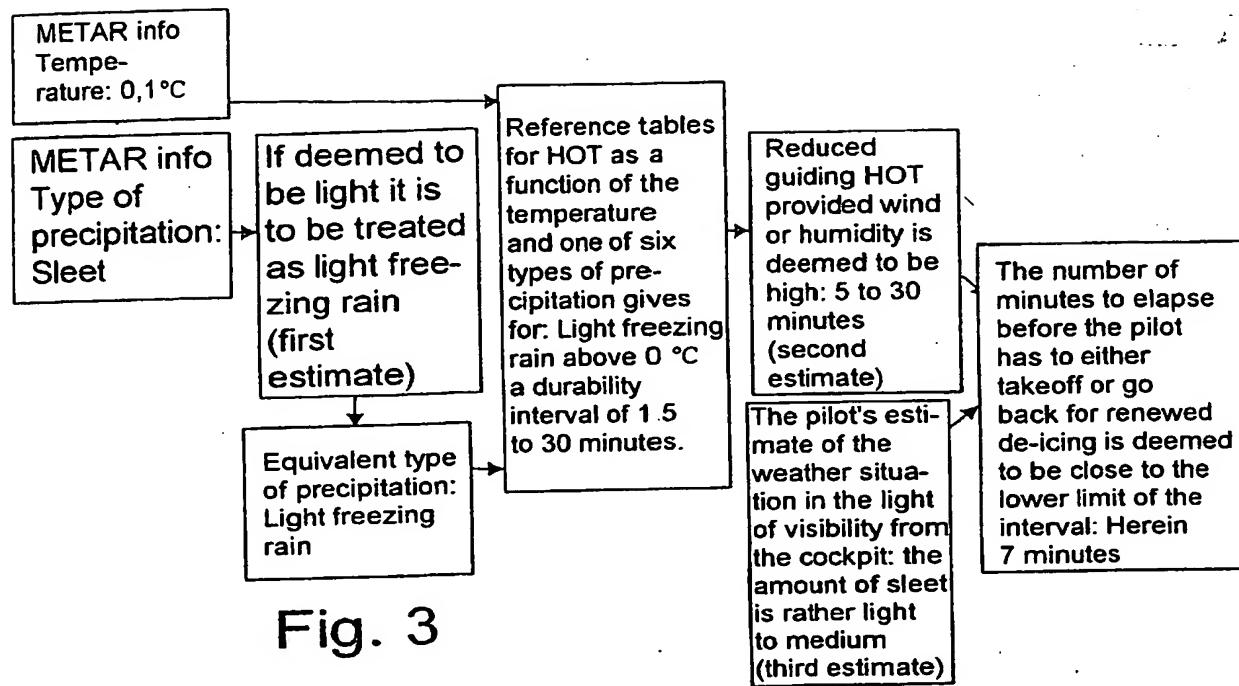
Fig. 1

| OAT | | ISO Type II Fluid Concent- ration Fluid/Water (Vol%/Vol %) | APPROXIMATE HOLDOVER TIMES ANTICIPATED UNDER VARIOUS WEATHER CONDITIONS (hours: minutes) | | | | | |
|------------------|------------------|--|--|-----------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| | | | *Frost | Freezing Fog | Snow (including snow grains) | **Freezing Drizzle | Light Freezing Rain | Rain on cold Soaked Wing |
| Above 0 | Above 32 | 100/0 | 12:00 | 0:35-1:30 | 0:20-0:55 | 0:30-0:55 | 0:15-0:30 | 0:05-0:40 |
| | | 75/25 | 6:00 | 0:25-1:00 | 0:15-0:40 | 0:20-0:45 | 0:10-0:25 | 0:05-0:25 |
| | | 50/50 | 4:00 | 0:15-0:30 | 0:05-0:15 | 0:05-0:15 | 0:05-0:10 | |
| 0 to -3 | 32 to 27 | 100/0 | 8:00 | 0:35-1:30 | 0:20-0:45 | 0:30-0:55 | 0:15-0:30 | |
| | | 75/25 | 5:00 | 0:25-1:00 | 0:15-0:30 | 0:20-0:45 | 0:10-0:25 | |
| | | 50/50 | 3:00 | 0:15-0:30 | 0:05-0:15 | 0:05-0:15 | 0:05-0:10 | |
| Below -3 to -14 | Below 27 to 7 | 100/0 | 8:00 | 0:20-1:05 | 0:15-0:35 | ***0:15-0:45 | ***0:10-0:30 | |
| | | 75/25 | 5:00 | 0:20-0:55 | 0:15-0:25 | ***0:15-0:30 | ***0:10-0:20 | |
| Below -14 to -25 | Below 7 to -13 | 100/0 | 8:00 | 0:15-0:20 | 0:15-0:30 | | | |
| Below -25 | Below -13 | 100/0 | ISO Type II fluid may be used below -25°C (-13°F) Provided the freezing point of the fluid is at least 7°C (13°F) below the OAT and the aerodynamic acceptability criteria are met. Consider use of ISO Type I fluid when ISO Type II fluid cannot be used (see table 3) | | | | | |

Fig. 2

Stamped:

Received 26 AUG 2002
DKRTO



A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'J' and a 'K' shape, is located in the bottom right corner of the page.

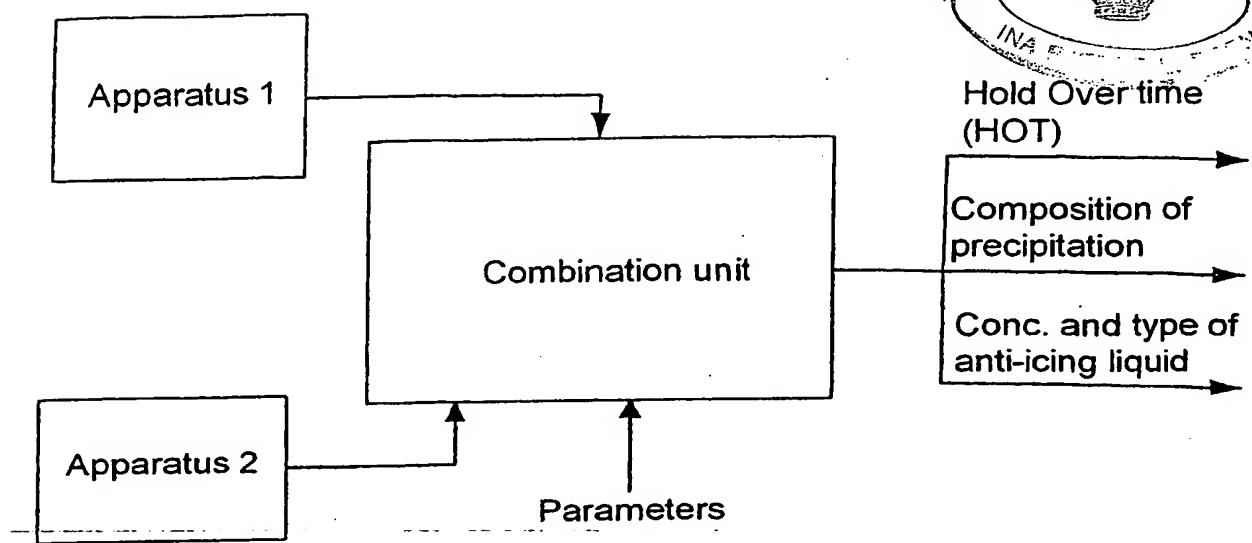


FIG. 4

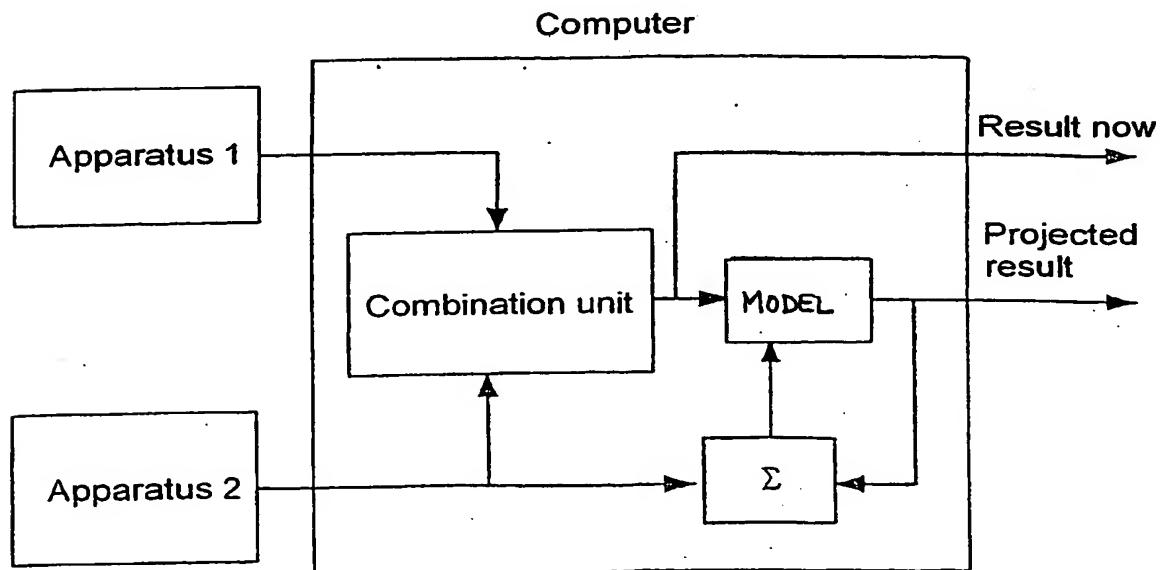
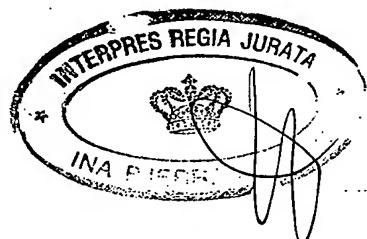


FIG. 6



Stamped:

Received

26/04/2002

DKR/D

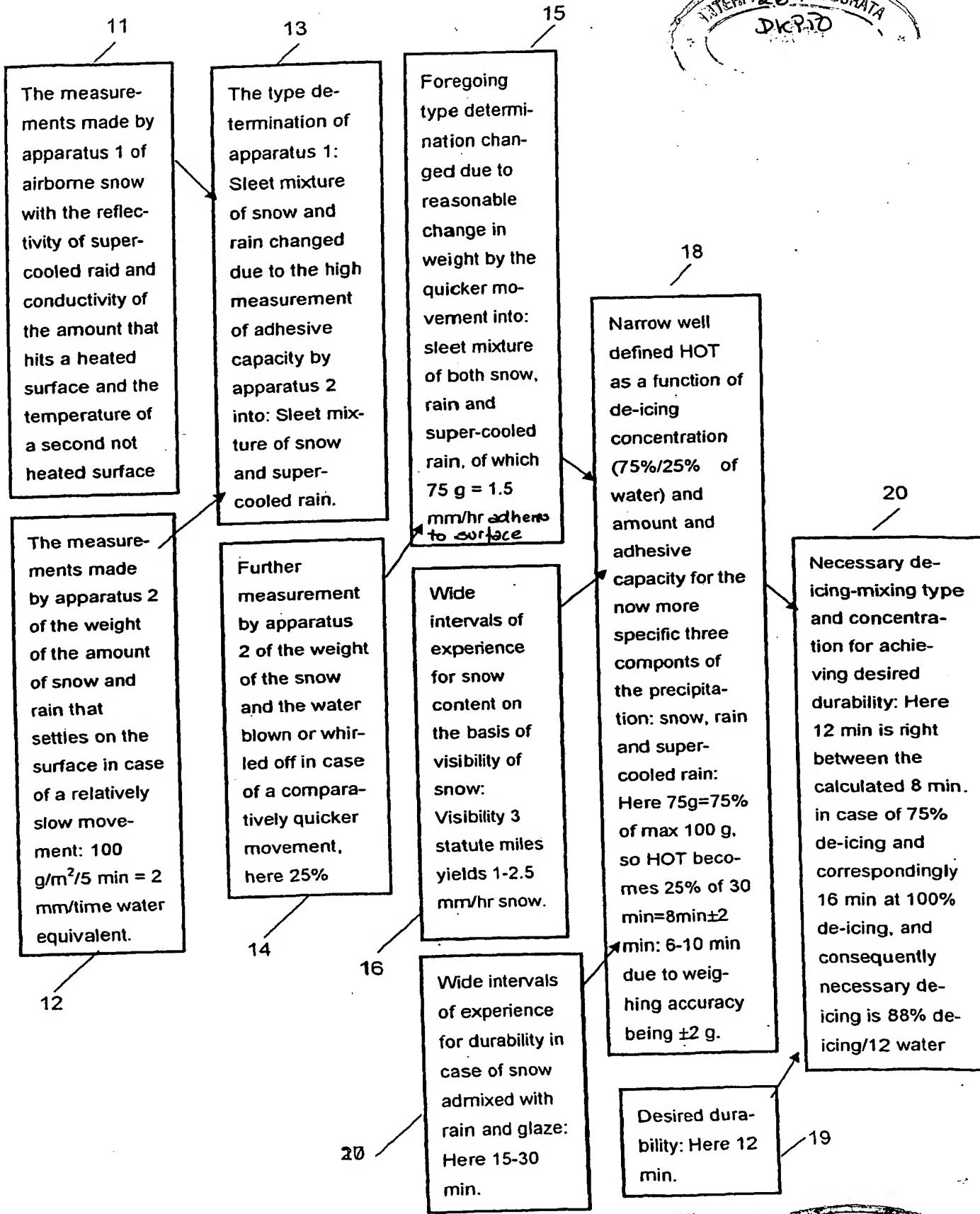
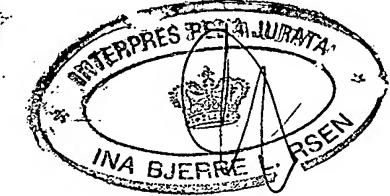


FIG 5

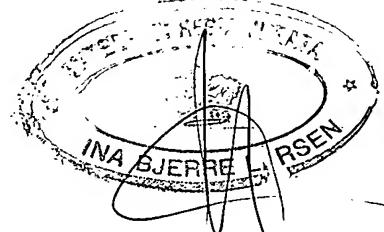
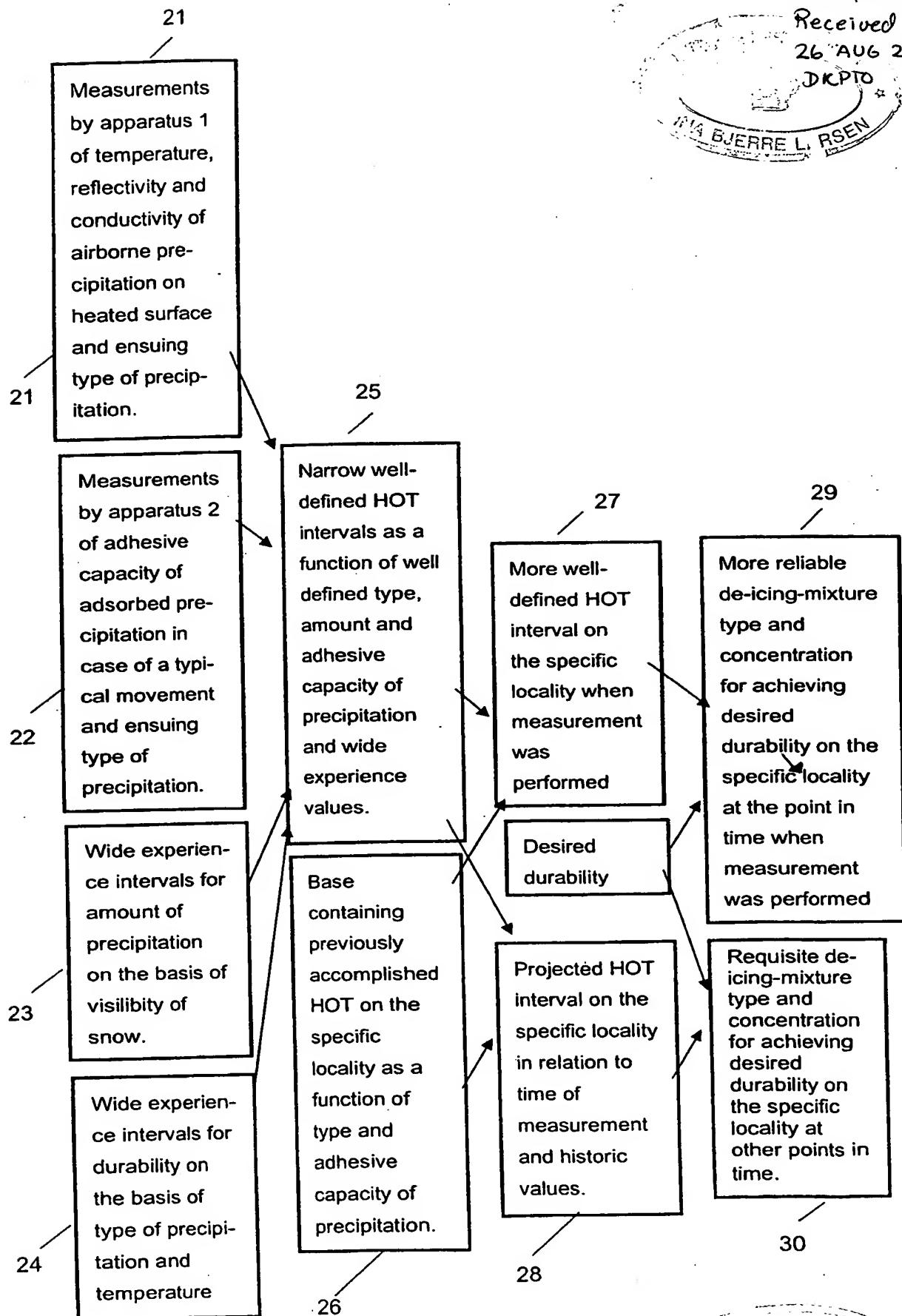


Stamped:

Received
26 AUG 2002

DKPTO

INA BJERRE L. RSEN





Kongeriget Danmark

Patentansøgning nr.: PA 2002 01252

Indleveringsdag: 26. august 2002

Ansøger:
(Navn og adresse) Dalsgaard Nielsen APS
Holmevej 35
DK-9640 Farsø

Benævnelse: Fremgangsmåde til bestemmelse af risikoen for afsætning af is som følge af nedbør samt apparat til udøvelse af fremgangsmåden

IPC: G 01 W 1/14; B 64 D 15/20

Det bekræftes herved, at vedhæftede dokumenter er sande kopier af ovennævnte patentansøgning, som den blev indleveret



Patent- og Varemærkestyrelsen
Økonomi- og Erhvervsministeriet

8. september 2003



Pia Høybye-Olsen

26 AUG. 2002

1

Modtaget

Fremgangsmåde til bestemmelse af risikoen for afsætning af is som følge af nedbør samt apparat til udøvelse af fremgangsmåden

Opfindelsen vedrører en fremgangsmåde til bestemmelse af risikoen for afsætning af is som følge af nedbør. Opfindelsen er specielt, men ikke udelukkende, beregnet til brug i forbindelse med bestemmelse af overisningsfaren i forbindelse med flytrafik.

Den nævnte risiko kan have flere betydninger. En første betydning er at afgøre, om der overhovedet er risiko for dannelse af is. Hvis dette er tilfældet, anvendes der i flytrafikken anti-icing væske i forskellige typer og koncentrationer, og nævnte risiko kan herefter også være et udtryk for, hvor længe anti-icing væsken kan holde sig effektiv under de eksisterende vejforhold. Dette betegnes som holdover time, som i det følgende betegnes HOT.

Usikkerheden og dermed risikoen inden for flytrafikken er størst i forbindelse med at vurdere HOT. De internationale luftfartsorganisationer udgiver tabeller, som for visse anti-icing væsker og for nogle ganske få koncentrationer af disse angiver et tidsinterval for holdover time. Disse tabeller, som er det eneste man i øjeblikket har, har to store usikkerhedsmomenter. For det første er tidsintervallet i tabellerne opgivet med stor marge, f.eks. minimum 30 og maksimum 60 minutter, og for det andet kan tabellerne kun anvendes, hvis man kan vurdere nedbøren rigtigt, idet tabellerne er opdelt efter nedbørstyper såsom f.eks. sne eller underafkølet vand. Piloten har det endelige ansvar for vurderingen, dvs. at han inde fra cockpitet, ofte i medvind og gennem en kraftigt opvarmet, skrætstillet rude, skal vurdere typen af nedbør og derefter foretage en vurdering af minimum og maksimumtiden i tabellen.

De meget forskellige nedbørstyper, som forekommer typisk i temperaturintervallet mellem 5°C under og 8°C over frysepunktet, giver anledning til de største forsinkelser i lufthavnene, og flyene må ofte vente længe på starttilladel-

se, medens anti-icing væsken forbruges hurtigere eller langsommere afhængig af nedbørsforholdene.

Til dato er der registreret 141 flyhavarier som følge af overisning, hvilket har
5 kostet 1200 menneskeliv.

Formålet med opfindelsen er at angive en fremgangsmåde, som gør det muligt at bestemme risikoen for afsætning af is som følge af nedbør, hvor bestemmelsen er baseret på faktiske målinger i stedet for subjektive skøn, som
10 man hidtil har været henvist til ved den kendte teknik.

Dette formål opnås ved, at fremgangsmåden udøves som angivet i krav 1's kendetegnende del. Det forholder sig nemlig således, at en bestemmelse af mængden af væskeformige partikler ikke kan tages som udtryk for hvor meget is der vil dannes, idet man ved de kendte metoder til bestemmelse af forholdet mellem væskeformige og faste partikler ikke kan skelne mellem, hvad der er underafkølet vand og almindeligt vand. Endvidere er det også således, at mængden af is, som afsættes på vingen, og specielt hvor meget anti-icing nedbøren kræver, afhænger af omfanget af frosne partikler i nedbøren i forhold til væskeformige partikler. Dette skyldes bl.a. mindre forskelle i temperatur og overfladebeskaffenhed mellem en given flyvinge og måleapparatet, hvilket der kan kompenseres for ved at have kendskab til sammensætningen af nedbøren.

25 Ved at kombinere målingerne i henhold til krav 1's kendetegnende del opnås en fuldstændig og objektiv måling af de forhold, som har betydning for at vurdere risikoen for dannelsen af is, såvel uden brug af anti-icing væske, som med brug af anti-icing væske.

30 De to målinger, som ifølge opfindelsen kombineres, kan hver for sig opnås ved hjælp af i og for sig kendte teknikker. F.eks. kan forholdet mellem væ-

skeformige og frosne partikler bestemmes ved hjælp af den teknik, der er kendt fra USA patent 5 434 778.

5 Ved en foretrukken udførelsesform bestemmes det aktuelle isindhold i nedbøren ved hjælp af en måling af faktisk isdannelse, f.eks. ved hjælp af den teknik, der er beskrevet i WO 00/54078, jævnfør krav 6.

10 Ved en udførelsesform bringes fladeelementets temperatur til i det væsentlige at svare til atmosfærens temperatur, men alternativt kan fladeelementets temperatur styres til at have en anden forud bestemt temperatur. I denne sammenhæng kan parametre som temperaturen af brændstoffet i vingen eller af den påsprøjtede anti-icing væske være relevante.

15 Ved det fra WO 00/54078 kendte apparat roteres et antal fladeelementer med en hastighed, som dels skal sikre, at isen afsættes og dels sikre, at størstedelen af vandråberne slynges af. Ved at udøve fremgangsmåden som angivet i krav 9 kan man sikre, at den langsomme rotation ikke reducerer den faktiske isdannelse, og den høje rotationshastighed sikrer, at der intet vand er tilbage på rotoren, før den afsatte ismængde vejes. Ismængden 20 kan også bestemmes på andre måder end ved vejning.

Endvidere er det hensigtsmæssigt at foretage yderligere målinger f.eks. af den i kravene 11-13 angivne art.

25 Det vil herefter kunne forstås, at der ved hjælp af opfindelsen kan opnås en langt mere pålidelig måling af risikoen for isdannelse, og ved ifølge krav 11 at kombinere dette med kendskab til typen og koncentration af anti-icing væske kan der som angivet i krav 12 opnås en pålidelig holdover time HOT. Dette er som tidligere nævnt den tid, hvor anti-icing væsken kan holde flyvingerne isfri 30 ved en given mængde anti-icing væske og under de givne vejrforhold.

Det vil kunne forstås, at det ifølge opfindelsen herefter er muligt at angive et minuttal for holdover time, eventuelt et tidsinterval med meget lille usikkerhedsområde.

- 5 Imidlertid gælder der ofte, og især inden for flytrafikken, en vis konservativisme, som uden tvivl vil indebære, at der vil gå nogen tid, inden piloterne vænner sig til at kunne få en veldefineret holdover time. Man vil uden tvivl gerne nogen tid endnu jævnføre sig med de gammelkendte tabeller, hvor et af usikkerhedsmomenterne var det at fastslå typen af nedbør. Ved at opfindelsen
- 10 udøves som angivet i krav 13 kan den objektive bestemmelse, som er resultatet ved opfindelsen, udnyttes til at give en sikker bestemmelse af hvad nedbøren rent faktisk er sammensat af, jævnfør de ovenstående kommentarer i forbindelse med krav 1.
- 15 Piloterne kan herefter føle sig sikre ved, for det første at konstatere at holdover time ifølge opfindelsen ligger inden for og maksimumintervallet i tabellerne og derefter med fuld tiltro benytte holdover time ifølge opfindelsen som en pålidelig veldefineret grænse. Ved en udførelsesform bestemmes også den samlede ækvivalente væskeformige nedbørsmængde, jvf. krav 3, idet
- 20 dette tal også benyttes ved visse af de ovennævnte kendte tabeller.

- 25 Forudsat at sikkerheden naturligvis har højeste prioritet, er der også det aspekt, at anti-icing væsken er dyr, og at det er spild af penge og forbundet med unødig forurening at påføre mere anti-icing væske end der er brug for, for at kunne opnå sikker flyvning. Ved at opfindelsen udøves som angivet i krav 14 er det muligt at bestemme koncentrationen af den anti-icing væske, der skal påføres som funktion af den holdover time som ønskes.

- 30 Foruden de ovennævnte fordele opnås der ved opfindelsen muligheder med helt nye perspektiver. Ved at kombinere måleudstyr til bestemmelse af nedbørens sammenhæng med måleudstyr til måling af den faktisk afsatte

ismængde åbnes der mulighed for at lave et selvlærende ekspertsystem, således som det er beskrevet i krav 18. Ifølge opfindelsen opnås en holdover time, som er væsentligt mere pålideligt end det, der hidtil har været anvendt, men målingen er stadig baseret på nogle faktiske forhold for 5 højest 10 minutter siden. De kendte tabeller er baseret på empiriske forhold, som kan indlægges i en beregningsmodel med nogle parametre, som kan justeres automatisk ved at sammenligne beregningsmodellens beregnede afsatte ismængde med den faktisk målte ismængde. Derved kan isrisikoen forudsiges i tid. Ved at forbinde computere i forskellige lufthavne med hinanden, og ved at indlæse meteorologiske data kan modellen udbygges til, ud fra de meteorologiske data, at give et estimat for isrisikoen i andre lufthavne, og dette estimat kan sammenlignes med den faktisk målte isdannelse i disse lufthavne, hvorefter en beregningsmodel kan optimeres dynamisk.

15 Opfindelsen angår også et apparat til udøvelse af fremgangsmåden ifølge krav 1. Apparatet er ejendommeligt ved den i krav 20 angivne udformning. Derved opnås en væsentlig mere sikker bestemmelse af nedbørstypen, således at de kendte tabeller kan benyttes med større sikkerhed.

20 Fortrinsvist indeholder apparatet også et datalager med empiriske informationer om hold over time, således at der kan opnås en væsentlig mere sikker bestemmelse af den faktiske hold over time, jvf krav 21.

25 Apparatet kan også indeholde en computer med en matematisk model til estimering af f eks hold over time, hvor modellen omfatter et antal justerbare parametre. Ved at sammenligne de estimerede resultater med de faktisk målte, således som det er angivet i krav 22, kan parametrene justeres, således at der opnås en selvlærende ekspertmodel.

30 Opfindelsen angår endvidere et anlæg som angivet i krav 23.

Opfindelsen vil blive nærmere forklaret ved den følgende beskrivelse af nogle udførelsesformer, idet der henvises til tegningen, hvor

fig. 1 viser en kendt tabel, som anvendes specielt i Canada

5

fig. 2 viser en anden kendt tabel, som bl.a. anvendes i Europa.

Fig. 3 illustrerer, hvorledes man ved kendt teknik skønner HOT

10 fig. 4 skematisk viser princippet ifølge opfindelsen

fig. 5 viser et eksempel på funktionen i beregningseheden på fig. 4

15 fig. 6 viser en udførelsesform for opfindelsen kombineret med et ekspertsystem,

fig. 7 illustrerer virkemåden for udførelsesformen fra fig. 6, medens

20 fig. 8 illustrerer hvorledes opfindelsen kan kombineres med meteorologisk information til forudsigelse af isrisiko fordelt over større afstande og tidsrum.

Fig. 1 viser en tabel Transport Canada, Juni 2002, som benyttes til vurderings af HOT. Tabellen bruges "baglæns", dvs. at piloten vurderer sigbarheden i statute miles (tallene, som angivet i de 12 felter). Når man skal vurdere synligheden i sne har det betydning, om det er lyst eller mørkt og endvidere har temperaturen også en betydning. Tabellen benyttes til at vurdere om snefaldet er "heavy", "moderate" eller "light". Derefter benyttes en anden tabel (ikke vist) som angiver intervaller for den ækvivalente vandmængde i nedbøren, og når den er fundet kan man endelig i en yderligere tabel (ikke vist) opnå et tidsinterval for HOT.

Den metode, som er forklaret i forbindelse med fig. 1 er altså baseret på et skøn blandt andet over hvor god sigt der er samt et skøn over hvor lyst eller mørkt det er.

- 5 Den 29. juli 2002 udgav The National Center for Atmospheric research en artikel, som forklarer de videnskabelige årsager til, at sigten ikke egner sig som den afgørende parameter, som beskrevet i forbindelse med fig. 1. Der er altså tale om en temmelig usikker vurdering.
- 10 Fig. 2 viser en anden kendt tabel, som angiver HOT tidsintervaller hvis man er i stand til at kategorisere nedbørstypen som en af de seks typer nedbør, der er vist på fig. 2. Tabellen kan benyttes i forskellige temperaturintervaller og ved tre forskellige blandingsforhold af anti-icingvæske.
- 15 Fig. 3 illustrerer fremgangsmåde ved anvendelse af tabellen på fig. 2. Fig. 3 er lavet således at den i principippet taler for sig selv således at der kun vil blive knyttet få kommentarer til fig. 3. Man skal specielt være opmærksom på, at der på fig. 3 udøves tre skøn. I forbindelse med, at det aktuelle vejr oplyses hver halve time (METAR), skal der, i tilfælde af slud, skønnes, om det er let eller tung slud. Derefter omsættes dette første skøn til en ækvivalent nedbørstype, som i eksemplet er let frysende regn. Den umiddelbare brug af tabellen giver et holdbarhedsinterval på 15-30 minutter (svarende til fig. 2 øverste linie under søjlen "light freezing rain"). Tidsintervallets øvre grænse er således angivet til at være det dobbelte af den nedre grænse, hvilket ikke er betryggende. Derudover skal piloten udøve det skøn at HOT skal reduceres hvis vindhastigheden eller luftfugtighed skønnes høj og endelig skal piloten skønne over hvorledes nedbøren eventuelt ændrer sig.
- 20
- 25
- 30 Dette betyder i praksis, at en pilot, som ruller ud til start, typisk i medvind og med kraftigt skråstillede og opvarmede ruder skal kunne afgøre hvad nedbøren består af (vand, sne, slud, underafkølet vand m.v.). Under disse forhold

skal piloten senere holde i kø for at få starttilladelse og som tiden går foretage en vurdering om, anti-icing væsken stadig er effektiv, idet han kun har de meget store usikkerhedsmargener fra fig. 2 at gå ud fra, under ugunstige forhold kan HOT være så lille som 7 minutter. Derfor forekommer der ulykker

5 når tabellen kan opgive HOT helt op til 30 minutter. .

Det kendte måleudstyr til måling af nedbørens sammensætning kan måle dråbestørrelse og estimere fordelingen mellem sne og vand, temperaturer, dugpunkt m.v., men er ikke i stand til at skelne mellem, om en vanddråbe er

10 underafkølet eller ej, hvilket har afgørende betydning for at kunne vurdere risikoen for isdannelse.

Ved hjælp af opfindelsen reduceres den beskrevne usikkerhed væsentligt, idet opfindelsen er baseret på faktiske målinger i stedet for at afhænge af

15 subjektive skøn. Dette vil først blive forklaret i forbindelse med fig. 3.

Fig. 3 viser opfindelsen skematisk et i og for sig kendt apparat 1 til måling af tætheden af væskeformige og frosne partikler i nedbøren samt et apparat 2 til måling af den faktiske ismængde som nedbøren afsætter. Ifølge opfindelsen kombineres disse måleresultater i en beregningsenhed, som kan give forskellige udgangssignaler såsom holdover time, HOT, sammensætning af nedbøren og koncentration af anti-icing væske. Beregningsenheden modtager også andre parameterværdier, såsom empiriske tal for HOT afhængig af nedbørssammensætningen, typer af koncentration af anti-icing væske m.m.

20 25

 Som tidligere beskrevet kan apparatet til måling af det aktuelle isindhold i nedbøren f.eks. bestemmes med det apparat, der er kendt fra WO 00/540078, som kan give et eksakt resultat for hvor meget is der afsættes på et standardfladeelement, som er opstillet på lufthavnsområdet. Derved kan

30 det fastslås, hvor meget af den væskeformige nedbør, der er underafkølet, men det kan ikke derud af udledes hvor hurtigt anti-icing væsken vil blive op-

brugt fordi forbruget anhænger af nedbørstypen jævnfør tabellen i fig. 2. Ved at tage udgangspunkt i de empiriske tabeller for holdover time som baserer sig på nedbørstype og kombinerer dette med et apparat til måling af den faktiske isdannelse er det nu muligt at fastslå nedbørstypen med stor sikkerhed

5 og derfor kan de kendte tabellers store usikkerhedsmarginen indskrænkes og i mange tilfælde erstattes af et sikkert minuttal for HOT når typen af koncentrationen af anti-icing væsken også indlæses som parameter i beregningsenheden på fig. 3.

10 Det er kendt, at der hersker en vis konservativisme inden for luftfarten og det vil derfor være forventeligt at mange piloter gerne vil jævnføre den objektive og nøjagtige holdover time ifølge opfindelsen med hvad de "gamle" tabeller siger. Ifølge opfindelsen opnås som nævnt også en eksakt definition af typen af nedbør og dette kan også udlæses til at piloten, som derved kan jævnføre 15. sig med de "gamle" tabeller.

Den meget store usikkerhed der hidtil har været forbundet med at forhindre 20. ulykker på grund af oversning har naturligvis ført til et overforbrug af anti-icing væske, som både er meget dyr og som forurener. Ved hjælp af de nøjagtige resultater som opnås ved opfindelsen kan man også "regne baglæns", dvs. hvis man som indgangsparameter til beregningsenheden oplyser at man har brug for en holdover time på f.eks. 35 minutter, så kan beregningsenheden frembringe et udgangssignal, som definerer typen og koncentration af anti-icing væske. På fig. 5 vil der blive vist et ret detaljeret eksempel for beregning af den nødvendige afisningsblandingstype, idet fig. 5 samtidig illustrerer hvorledes resultaterne fra apparat 1 og apparat 2 kombineres.

25. På fig. 5 forklares det hvilke målinger der typisk kan opnås ved apparat 1 fra fig. 4. Disse målinger alene er forbundet med den ulempe, at man ikke kan skelne mellem regn og underafkølet regn, men ved ifølge opfindelsen at kombinere målingerne fra apparat 1 med målinger fra et apparat 2, som kan

bestemme den faktiske mængde af afsat is opnås der en væsentlig mere sikker vurdering af HOT end det har været muligt ved den kendte teknik. Det skal bemærkes, betegnelserne apparat 1 og apparat 2 ikke nødvendigvis er to fysisk forskellige apparater, men er udtryk for de måleprincipper, der tages i brug, og som er forklaret i felterne hhv 11 og 12 på fig 5. Det forholder sig også således at apparat 2 ved typisk bevægelse ikke kan skelne mellem meget fin sne med lille vedhæftningsevne og tøsne med tilsvarende stor vedhæftningsevne, men denne forskel kan apparat 1 afgøre ud fra forskellen i refleksionsevne. De to måleprincipper 1 og 2 supplerer derfor hinanden på en særlig fordelagtig måde til opnåelse af en sikker bestemmelse af nedbørs typen jvf feltet 13. Ved en foretrukken udførelsesform foretages målingerne i apparat 2 ved forskellige rotationshastigheder for målelementet for yderligere at forbedre målesikkerheden. Det forholder sig nemlig således, at en umiddelbar kombination af apparat 1 og 2's målinger ved en typisk bevægelse af målelementet ikke kan skelne mellem slud (vand/sne) og andre vand og ispartikelblanding (f.eks. vand/hagl). Denne skelnen kan opnås ved at foretage målinger i apparat 2 ved flere forskellige rotationshastigheder hvorved der kan tages hensyn til forskellige ispartiklers og vand forskellige afslygningskarakteristika. Sidstnævnte målinger er illustreret i feltet 14, således at der i feltet 15 opnå en endnu mere sikker bestemmelse af hvad nedbøren består af. Det var det, der ved den kendte teknik var det store problem, når man skulle anvende f.eks. tabellen i fig. 2. Når den sikre bestemmelse af nedbørstype kombineres med erfaringstallene fra felterne 16 og 17 kan der opnås en meget sikker bestemmelse af HOT i feltet 18. Denne meget sikre bestemmelse gør det også i praksis muligt at "regne baglæns", dvs. når man kender den meget nøjagtige HOT i feltet 18 kan man ved at kombinere det med den ønskede holdbarhed (felt 19) finde frem til, at hvis man ønsker en holdbarhed på 12 minutter skal der benyttes afisningsvæske i en blanding 88% afisningsvæske og 12% vand, jævnfør feltet 20.

30

Det bemærkes, at de værdier, som er angivet i forbindelse med figurerne, alene tjener som eksempler, idet et fuldstændigt sæt værdier er meget omfattende og i praksis vil være noget, som defineres sammen med luftfartsmyn-dighederne.

5

Fig. 6 viser nogle yderligere fordele ved opfindelsen. Den beregningsenhed, der er omtalt i fig. 3 indgår nu i en større computer, som omfatter en matematiske model til estimering af et forventet resultat. Det forventede resultat sammenlignedes i computeren med efterfølgende faktiske målinger af den faktiske mængde af dannet is og i tilfælde af en afvigelse foretages der automatiske justering af parametrene i den matematiske model, som på denne måde bliver en selvlærende ekspertrmodel. Forudsætningen for, at dette kan lade sig gøre, er netop kombinationen ifølge opfindelsen, altså at der tilvejebringes nogle sikre måleresultater som kan indlæses i modellen, samt at der tilvejebringes eksakt viden om det "rigtige" resultat, som benyttes til at foretage automatiske justeringer i den matematiske model. Det vil kunne forstås, at apparatet til måling af den faktiske ismængde kan udbygges på mange måder. F.eks. kan der laves særlige procedurer på forskellige rotations- og temperaturforløb af fladeelementet i apparatet og efterfølgende måling af afsat-ismængde, isstruktur, måling af luftmodstand, isens massefylde og det kan også tænkes at oversprøjte fladeelementet med anti-icing væske. Ikke alle sådanne yderligere målinger vil i praksis kunne foretages umiddelbart før hvert eneste fly skal have påført anti-icing væske, når der er tæt trafik, men alle disse målinger kan, når der er mindre trafik, bidrage til at optimere den matematiske model hvor ved pålideligheden af de mere kortvarige målinger som foretages umiddelbart inden der påføres anti-icing væske på et fly bliver væsentligt større.

Fig. 7 illustrerer hvorledes opfindelsen kan benyttes sammen med et ekspertrsystem. Funktionerne i felterne 21-24 kan umiddelbart genkendes fra den tidligere forklaring. I feltet 25 er således indeholdt de resultater, som kan op-

nås ved hjælp af kombinationsenheden fra fig. 4 således som det er forklaret i forbindelse med fig. 5. Feltet 26 indeholder information om dels det senest beregnede resultat samt tidligere beregnede resultater og når dette sammenholdes med det helt aktuelle resultat kan parametrene i en ekspertmodel 5 optimeres således at der både opnås endnu mere veldefinerede resultater i feltet 27 samt mulighed for fremskrivning af et resultat f.eks. 20 minutter ude i fremtidén jvf feltet 28.

Fig. 8 viser principielt hvorledes der kan opbygges et globalt netværk af information vedrørende isrisiko. Ifølge opfindelsen kan beregningerne suppleres med meteorologiske informationer. Fig. 8 viser skematisk lavtryksfronter 10 på vej over nordsøen og computeren i en af London's lufthavne 31 indeholder nu eksakt viden om isrisikoen og hvorledes den har fordelt sig under fronternes passage. Denne information samt de meteorologiske informationer 15 kan benyttes først i Billund 32 og så i København 33, hvor de justeringer, som efterfølgende viser sig ved frontpassagen, kan udnyttes i lufthavnen i Stockholm 34, når fronterne passerer.

De beskrevne væsentlige forbedringer af flysikkerheden ville ikke kunne opnås ved hjælp af et kendt ekspertsystem i kombination med de hidtil anvendte empiriske og meget usikre bestemmelser af isrisikoen. Den store nøjagtighed, der opnås ved opfindelsen muliggør udnyttelse af avancerede beregningsmodeller således at der kan opnås pålidelige værdier i den enkelte lufthavn, og således at dette kan forbedre pålideligheden yderligere med målinger 20 i andre lufthavne.

26 AUG. 2002

Modtaget

P a t e n t k r a v :

1. Fremgangsmåde til bestemmelse af risikoen for afsætning af is som følge af nedbør, kendte givet ved, at der udføres

5. en måling til bestemmelse af forholdet mellem væskeformige og frosne partikler i nedbøren, og

10. – en måling til bestemmelse af det aktuelle isindhold i nedbøren, samt at resultaterne fra nævnte målinger kombineres til bestemmelse af risikoen for afsætning af is.

15. 2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, kendte givet ved, at målingen til bestemmelse af forholdet mellem væskeformige og faste partikler bestemmes ved en i og for sig kendt optisk måling og efterfølgende beregning.

20. 3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, kendte givet ved, at der udføres en beregning til bestemmelse af den samlede ækvivalente, væskeformige nedbørsmængde.

25. 4. Fremgangsmåde ifølge krav 1, kendte givet ved, at målingen til bestemmelse af det aktuelle isindhold i nedbøren udføres som en beregning på basis af dugpunktsmåling.

30. 5. Fremgangsmåde ifølge krav 2, kendte givet ved, at målingen til bestemmelse af det aktuelle isindhold i nedbøren udføres som en måling af faktisk isdannelse.

6. Fremgangsmåde ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at målingen omfatter tilvejebringelse af et fladeelement, som har et forudbestemt overflådeareal, og som i løbet af et forudbestemt tidsrum bringes i relativ bevægelse i forhold til den atmosfæriske luft, hvorefter mængden af is, som er aflejret på fladeelementet i løbet af nævnte tidsrum, måles.

7. Fremgangsmåde ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at fladeelementets temperatur bringes til i det væsentlige at svare til atmosfærens temperatur.

10. Fremgangsmåde ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at fladeelementets temperatur bringes til at have en anden forudbestemt temperatur i løbet af nævnte tidsrum.

15. 9. Fremgangsmåde ifølge ethvert af kravene 6-8, k e n d e t e g n e t ved, at der efter måling af den afsatte mængde is kortvarigt tilvejebringes en relativ bevægelse mellem fladeelementet og atmosfæren ved en hastighed, som er væsentlig større end hastigheden forud for nævnte måling, hvorefter der udføres en yderligere måling af afsat is.

20. 10. Fremgangsmåde ifølge ethvert af kravene 6-9, k e n d e t e g n e t ved, at den relative hastighed mellem fladeelementet og atmosfæren styres ved at styre omdrejningshastigheden for et eller flere roterbare fladeelementer.

25. 11. Fremgangsmåde ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at isens vedhæftningsevne måles ved, at den afsatte ismængde måles efter et antal rotationer med indbyrdes forskellige hastigheder.

12. Fremgangsmåde ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at luftmodstanden mellem atmosfæren og den is, der er afsat på fladeelementet, måles.

5. 13. Fremgangsmåde ifølge ethvert af kravene 6-12, k e n d e - t e g n e t ved, at der påføres anti-icing væske med en forudbestemt koncentration og mængde på fladeelementet, før målingerne foretages.

10. 14. Fremgangsmåde ifølge ethvert af kravene 1-13, og hvor en overflade påføres en forudbestemt type og koncentration af anti-icing væske, k e n - d e t e g n e t ved, at risikoen for afsætning af is på overfladen beregnes ud fra

15. 15. Kendskabet til typen og koncentrationen af anti-icing væsken

20. 16. Kendskab til resultatet af målingen til bestemmelse af forholdet mellem væskeformige og faste partikler i nedbøren, samt

20. 17. Kendskab til resultatet af målingen til bestemmelse af det aktuelle isindhold i nedbøren.

15. 18. Fremgangsmåde ifølge krav 14, k e n d e t e g n e t ved, at risikoen beregnes og fremvises som en holdover time.

25. 19. Fremgangsmåde ifølge krav 14, og hvor der anvendes manuelle tabeller til vurdering af holdover time, hvor tabellerne er grupperet ifølge forskellige typer af nedbør, k e n d e t e g n e t ved, at kendskabet til det aktuelle isindhold og fordelingen af nedbøren mellem faste og væskeformige partikler benyttes til at definere typen af nedbør.

30.

17. Fremgangsmåde ifølge krav 14, k e n d e t e g n e t ved, at koncentrationen og anti-icing væske bestemmes som funktion af holdover time og den målte risiko for afsætning af is.

5. 18. Fremgangsmåde ifølge ethvert af kravene 1-17, k e n d e - t e g n e t ved, at der til beregningerne anvendes et ekspertsystem, som er indrettet til at kunne afvikles på en computer, og som er indrettet til ud fra målinger at kunne estimere risikoen for afsætning af is og er indrettet til at modtage information om den faktiske afsatte ismængde samt til på basis af 10 forskellen mellem den beregnede og faktiske ismængde at justere parametre i en beregningsmodel for beregning af den afsatte ismængde.

19. Fremgangsmåde ifølge krav 18, k e n d e t e g n e t ved, at computeren bringes i kommunikationsforbindelse med andre computere, som 15 er anbragt på geografisk forskellige steder, og at ekspertsystemet er indrettet til at forudberegne kommende forandringer med hensyn til risikoen for afsætelse af is i afhængighed af indlæste meteorologiske parametre.

20. Apparat til udøvelse af fremgangsmåden ifølge krav 1, k e n d e - 20 t e g n e t ved, at apparatet omfatter en kombination af

- optiske midler til måling af refleksionsevnen af nedbør, og
- mekaniske midler til bevægelse af et målefladeelement i forhold til luften 25 og til måling af den mængde is som er afsat på fladeelementet i et givet tidsrum, samt
- elektroniske midler til kombination af nævnte målinger.

21. Apparat til beregning af hold over time for anti-icing væske, k e n d e t
e g n e t ved , at det omfatter et datalager til lagring af information om em-
piriske værdier for hold over time som funktion af nedbørstype og styrken af
anti-icing væsken.

5

22. Apparat ifølge krav 20 eller 21, k e n d e t e g n e t ved, at det
omfatter en matematisk model for estimering af afsætning af is fra nedbør og
at de elektroniske midler er indrettet til at sammenligne de estimerede værdi-
10 - er med faktisk målte værdier for ismængden og til at justerer på parametre i
modellen for optimering af denne.

15

23. Anlæg til forudsigelse af risikoen for afsætning af is fra nedbør k e n d
e t e g n e t ved , at det omfatter et antal apparater af den i krav 20 – 22
angivne art, som er anbragte på forskellige geografiske lokationer og som er
indrettet til at modtage meteorologiske informationer om luftmassers bevæ-
gelse.

26 AUG. 2002

Modtaget

| Lighting | Temperature Range | | Visibility in Snow (Statute Miles) | | |
|----------|-------------------|--------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| | °C | °F | Heavy ² | Moderate ² | Light ² |
| Darkness | -1 and above | 30 and above | <2 | 2 - 4 | >4 |
| | Below -1 | Below 30 | <1 | 1 - 2 1/2 | >2 1/2 |
| Daylight | -1 and above | 30 and above | <1 | 1 - 2 | >2 |
| | Below -1 | Below 30 | <1/2 | 1/2 - 1 1/4 | >1 1/4 |

Fig. 1

| OAT | | ISO Type II Fluid Concent- ration Fluid/Water (Vol%/Vol %) | APPROXIMATE HOLDOVER TIMES ANTICIPATED UNDER VARIOUS WEATHER CONDITIONS (hours: minutes) | | | | | |
|---------------------|-------------------|--|--|-----------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| °C | °F | | *Frost | Freezing Fog | Snow (including snow grains) | **Freezing Drizzle | Light Freezing Rain | Rain on cold Soaked Wing |
| Above 0 | Above 32 | 100/0 | 12:00 | 0:35-1:30 | 0:20-0:55 | 0:30-0:55 | 0:15-0:30 | 0:05-0:40 |
| | | 75/25 | 6:00 | 0:25-1:00 | 0:15-0:40 | 0:20-0:45 | 0:10-0:25 | 0:05-0:25 |
| | | 50/50 | 4:00 | 0:15-0:30 | 0:05-0:15 | 0:05-0:15 | 0:05-0:10 | |
| 0 to -3 | 32 to 27 | 100/0 | 8:00 | 0:35-1:30 | 0:20-0:45 | 0:30-0:55 | 0:15-0:30 | |
| | | 75/25 | 5:00 | 0:25-1:00 | 0:15-0:30 | 0:20-0:45 | 0:10-0:25 | |
| | | 50/50 | 3:00 | 0:15-0:30 | 0:05-0:15 | 0:05-0:15 | 0:05-0:10 | |
| Below -3 to -14 | Below 27 to 7 | 100/0 | 8:00 | 0:20-1:05 | 0:15-0:35 | ***0:15-0:45 | ***0:10-0:30 | |
| | | 75/25 | 5:00 | 0:20-0:55 | 0:15-0:25 | ***0:15-0:30 | ***0:10-0:20 | |
| Below -14 to -25 | Below 7 to -13 | 100/0 | 8:00 | 0:15-0:20 | 0:15-0:30 | | | |
| Below -25 | Below -13 | 100/0 | ISO Type II fluid may be used below -25°C (-13°F) Provided the freezing point of the fluid is at least 7°C (13°F) below the OAT and the aerodynamic acceptability criteria are met. Consider use of ISO Type I fluid when ISO Type II fluid cannot be used (see table 3) | | | | | |

Fig. 2

26 AUG. 2002

Modtaget

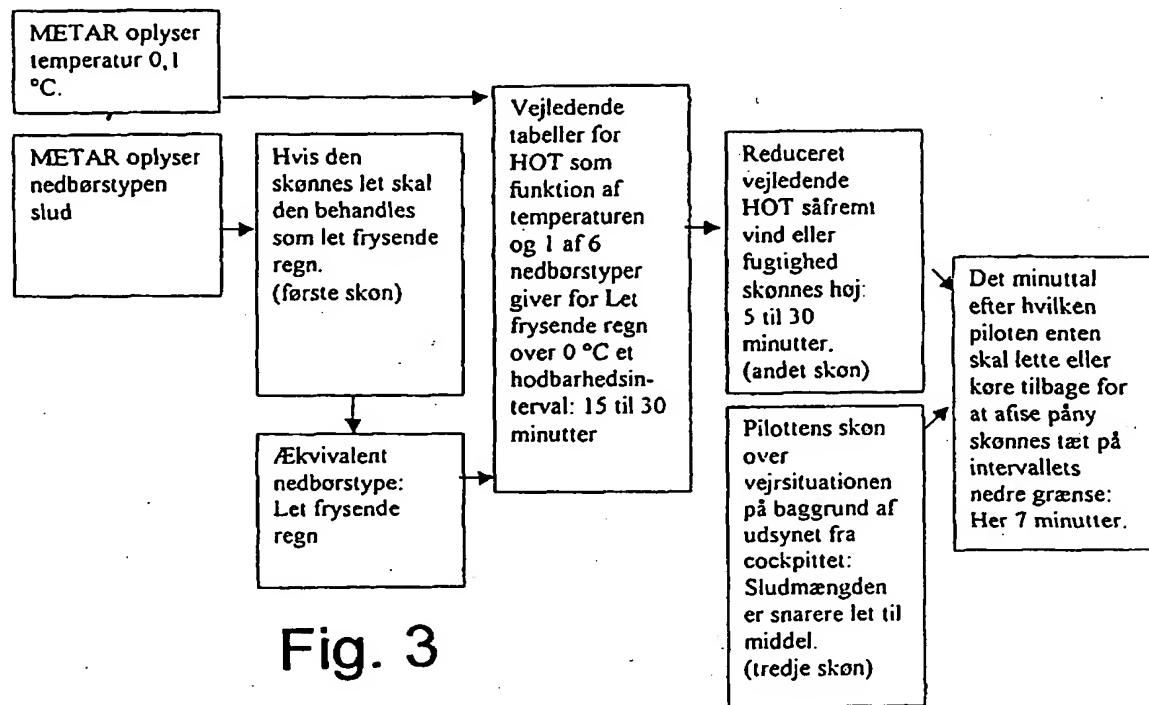


Fig. 3

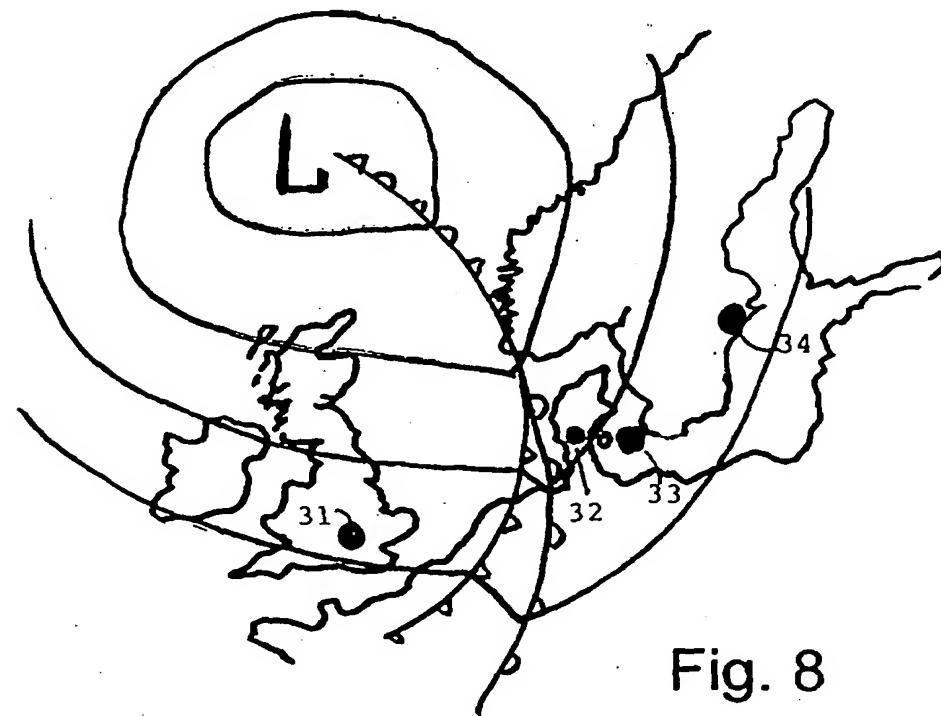


Fig. 8

26 AUG. 2002

Modtaget

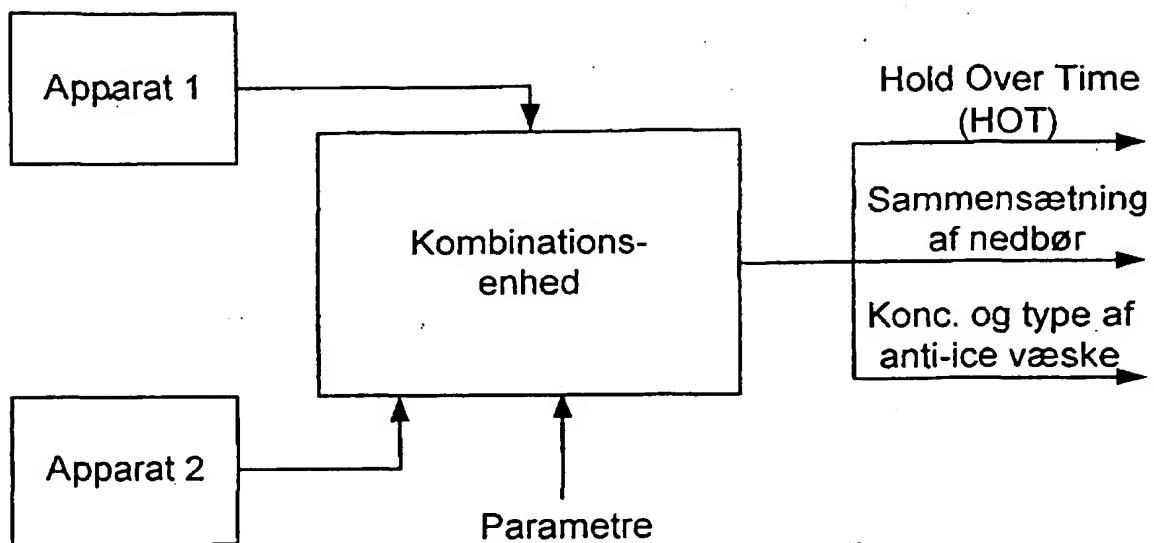


Fig. 4

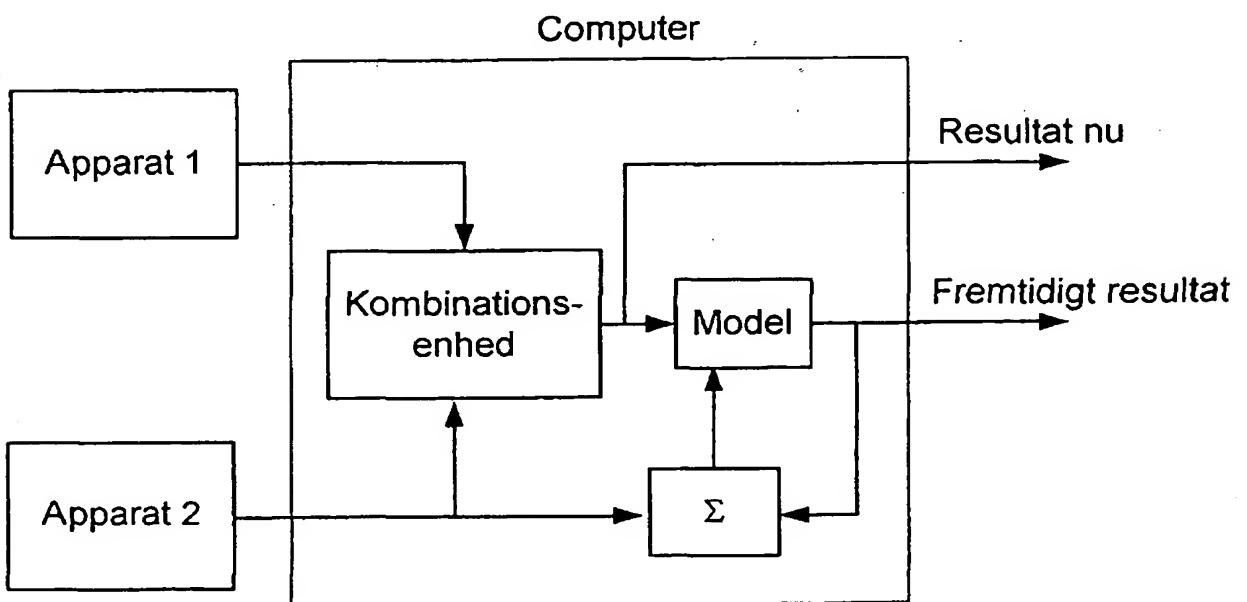


Fig. 6

26 AUG. 2002

Modtaget

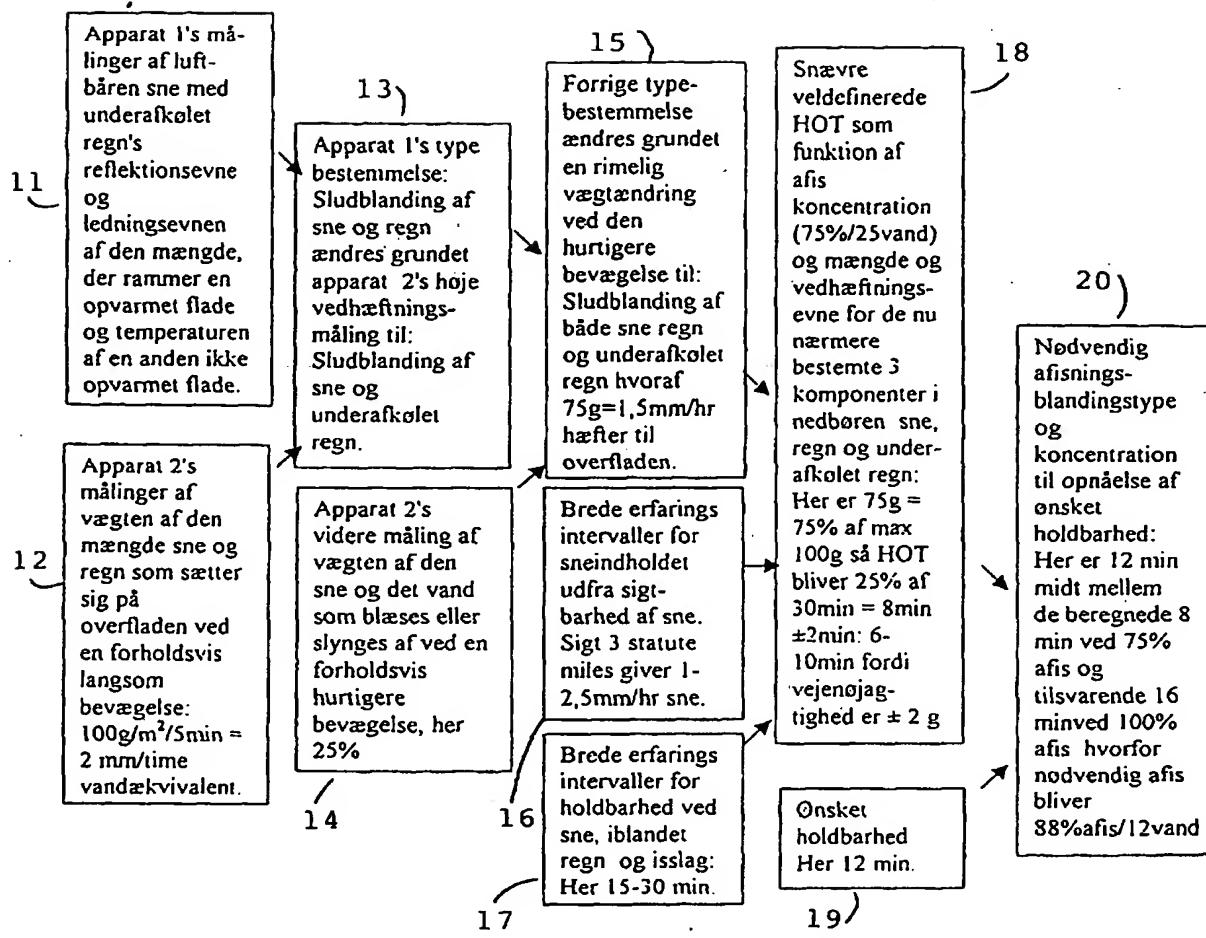


Fig. 5

26 AUG. 2002

Modtaget

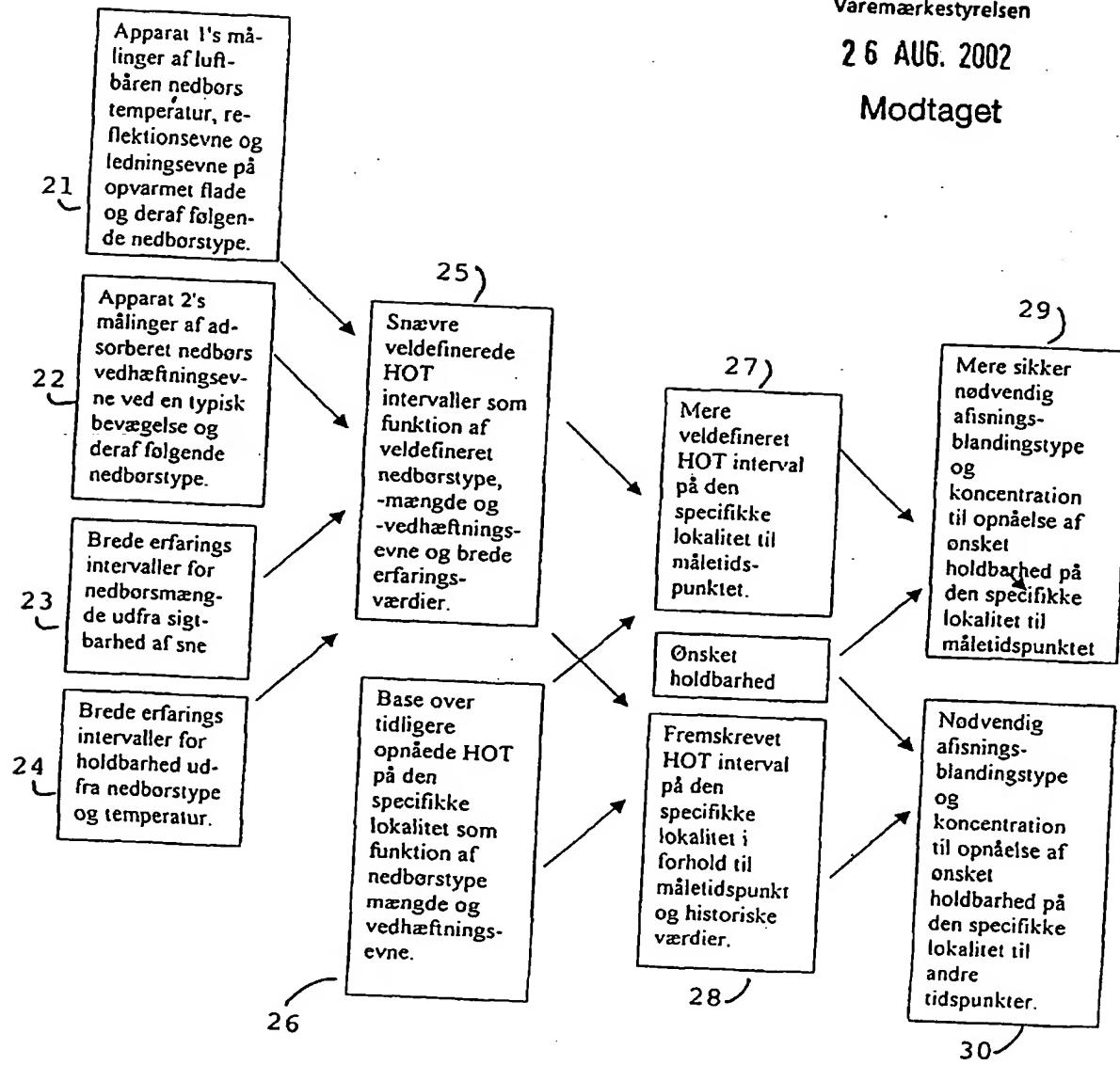


Fig. 7